Untersuchungen über Rostpilze.

Von

P. Dietel.

(Separat-Abdruck aus »Flora oder allgemeine botanische Zeitung«. 1891. Heft 2).

Untersuchungen über Rostpilze.

Von
P. Dietel.

(Hierzu Tafel V.)

Die folgenden beiden kleinen Arbeiten wurden unternommen, um bei einer Untersuchung über die verwandtschaftlichen Verhältnisse der Uredineen untereinander möglichst viele sichere Anhaltspunkte zu finden. Obwohl nun der Abschluss dieser Untersuchungen aus verschiedenen Gründen vorläufig aufgeschoben wurde, so mögen doch einige der erhaltenen Resultate die Veröffentlichung dieser Vorarbeiten rechtfertigen. In welcher Weise diese Untersuchungen für das Studium der Verwandtschaftsverhältnisse verwerthbar sind, ist an einigen Stellen angedeutet worden, im übrigen aber sind die zum Theil naheliegenden Consequenzen nach jener Richtung hin nicht gezogen worden.

Ueber den Bau der Sporenmembran bei den Uredineen.

Die Sporenmembran der Uredineen lässt, wie die vieler Pilze, meist zwei Theile unterscheiden: das Exospor oder Epispor und das Endospor. Viele Teleutosporen zeigen im fertigen Zustande freilich mehr, gewöhnlich 3 Schichten, und es ist dann die Frage, welche davon dem Exospor und welche dem Endospor angehören. Für die Beantwortung derselben wird man auf die Entstehungsweise der verschiedenen Schichten zurückgehen müssen. Dabei hat sich gezeigt, wie wir hier vorausgreifend bemerken wollen, dass die gewöhnliche Bezeichnungsweise, wonach als Endosporium nur eine dünne innerste Schicht bezeichnet wird, unzutreffend ist. Aus diesem Grunde wird man es entschuldbar finden, wenn im Folgenden auch auf Dinge eingegangen wird, die Jedem, der jemals Uredineen untersucht hat, bekannt sein werden.

Wir betrachten zunächst den fertigen Bau der Membran einer Teleutospore von Phragmidium subcorticium (Schrnk.). Man kann sich die Untersuchung wesentlich erleichtern, indem man die Färbung durch Salpetersäure aufhellt. Concentrirte Schwefelsäure ist nicht dazu verwendbar, da sie die Membranen zerstört. Man findet auf diese Weise, dass jede Zelle der Spore oder richtiger gesagt jede Theilspore umgeben ist von einer dünnen Membranschicht, die bei einer bestimmten Einstellung des Mikroskopes heller erscheint als die nach aussen hin folgende Membranschicht, bei etwas tieferer Einstellung sich durch einen bläulichen Ton von ihrer Umgebung abhebt (*a* in Fig. 1). Der über dieser innersten Schicht befindliche Theil der Membran (*b* in Fig. 1) ist in der Querrichtung der Spore kräftig ausgebildet, dringt aber von der Seite her nicht tief zwischen zwei benachbarte Sporenzellen ein, sodass diese auf dem grössten Theile der Grenzfläche mit den Innenlamellen aneinanderstossen. Diese Schicht

ist an den Stellen, wo sich die Einkerbung zwischen zwei aufeinanderfolgenden Theilsporen befindet, quergetheilt. An der obersten Zelle der Phragmidiumspore setzt sich dieser Theil der Membran in eine scheitelständige kegelförmige Spitze fort. Die ganze Spore ist endlich sammt ihrer Scheitelspitze von einer dünnen, überall gleichmässig dicken, farblosen Membran überzogen, (*c* in der Fig.) welche sich auch noch auf den Stiel fortsetzt und dessen äussere Umkleidung bildet. In Schwefelsäure hebt sich diese äussere Umkleidung ab, (Fig. 2) infolge der bedeutenden Flächenzunahme zerreissend, und man kann dann durch Verschiebung des Deckglases die Sporenzellen leicht isolieren. Die beiden anderen Schichten lösen sich nicht von einander.

Der Aufbau der Membran geht folgendermassen vor sich. Schon in den jugendlichsten Stadien ist eine einfache dünne Membran von dem Inhalte der Spore deutlich abgegrenzt: es ist die Membran des zu einer spindelförmigen Sporenanlage gewordenen Mycelzweiges. Sie nimmt an der Vergrösserung der Spore theil, ohne ihre Dicke in merklicher Weise zu ändern. Die einzelnen Plasmaportionen, in welche sich der Inhalt der jugendlichen Spore theilt, umgeben sich mit einer gleichfalls sehr dünnen Membran. Es ist schwer, durch direkte Beobachtung zu entscheiden, ob jeder Theil des Sporeninhalts sich selbstständig mit einer Innenmembran umgibt oder ob Querscheidewände innerhalb einer gemeinsamen inneren Membrananlage auftreten. Es sprechen aber verschiedene Umstände für die erstere Auffassung. Es wurden nämlich wiederholt jugendliche Sporen beobachtet, deren Inhalt bereits in zwei oder drei Portionen getrennt war und an denen es nicht gelang, Spuren einer Innenmembran aufzufinden. Ferner zieht sich dieselbe da, wo sie deutlich erkennbar ist, von beiden Sporenzellen aus in den dieselben trennenden Zwischenraum hinein (Fig. 3). Endlich sei noch folgende Beobachtung erwähnt. Eine in verdünnter Schwefelsäure befindliche junge Spore, deren äussere Membranhülle durch die Einwirkung der Säure sich deutlich von dem Inhalte abgehoben hatte, wurde durch Verschiebung des Deckglases aus dieser Umhüllung befreit. Die Zellen blieben in Verbindung mit einander, es war aber bei einer 720fachen Vergrösserung keine Innenmembran sichtbar. Gleichwohl trat dieselbe deutlich zu Tage, als durch Druck auf das Deckglas die Inhalte zweier Zellen aus ihrer Umhüllung herausgepresst waren, und indem die Zellen sich mehr abrundeten, traten die Membranen an einigen Stellen fast bis zur Mitte deutlich auseinander. — Es ist übrigens die genaue Kenntniss dieser Verhältnisse für das Folgende von keinem Belang, es kam nur darauf an festzustellen — und hierüber lassen die Beobachtungen nicht den geringsten Zweifel —, dass diese innere Membran durch eine Ausscheidung aus dem Sporeninhalte entsteht, also genetisch zu der äusseren Membran in keiner Beziehung steht. Es geht dies u. a. noch aus dem Umstande hervor, dass bei ganz jungen Sporen, welche vorher eingetrocknet waren,

die innere Membran der äusseren nie lückenlos anliegt. — Im Verlaufe des weiteren Wachsthums erscheint zwischen diesen beiden Hüllen eine Substanz, die den zwischen diesen befindlichen und sich beständig erweiternden Zwischenraum gleichmässig ausfüllt. Sie ist von der äusseren und inneren Umkleidung der Spore durch ihr geringeres Lichtbrechungsvermögen unterschieden. Auch sie steht, wie sich durch Anwendung von Säuren darthun lässt, in keinem Zusammenhange mit der äusseren Membran, sie wird vielmehr von innen her nach aussen hin ausgeschieden und bleibt auch später mit der Innenmembran in organischem Zusammenhang, die auch im Reifezustande nur wie eine besonders differenzierte Schicht dieser Zwischensubstanz erscheint. Die letztere trennt sich, wenn die Sporen bald ihre definitive Grösse erreicht haben, in eben so viele Portionen als Sporenzellen vorhanden sind und dann zeigt die Membran denjenigen Bau wie er oben für die fertige Spore geschildert worden ist. Es tritt nunmehr nur noch die Bräunung und damit verbundene Erhärtung der Membran und die Streckung des Stieles ein.

Die Membran des Stieles zeigt im Wesentlichen denselben Aufbau wie die der Spore selbst: die Aussenmembran, welche die ganze Spore überzieht, umkleidet auch den Stiel, der sehr enge Hohlraum des Stieles ist ebenfalls von einer dünnen Membranschicht umkleidet und zwischen beiden befindet sich, die Hauptmasse des Stieles ausmachend, eine homogene Substanz, die die Lichtstrahlen schwächer bricht als die beiden anderen Schichten. Die Innenschicht wird übrigens sehr leicht übersehen, sie bleibt aber erhalten, wenn man durch verdünnte Schwefelsäure die Zwischensubstanz zerstört hat. Bei Phragmidium Barclayi m. bringt schon Wasser nach einiger Zeit diese Wirkung hervor.

Es kann, wie ich glaube, nach diesen Angaben nicht zweifelhaft sein, dass man die dünne äussere Umkleidung der Sporen, die also nichts anderes ist als die mit der Spore herangewachsene Membran der Sporenanlage, als Exosporium, alles Uebrige als Endosporium zu bezeichnen hat, dass man also nicht die dünne Innenschicht allein als Endospor und das Uebrige als Exospor bezeichnen darf. In diesem Falle würde man ja zum Exospor einen Bestandtheil der Membran rechnen, der nach seiner Entstehung nichts mit ihm gemein hat, sondern vielmehr ein Produkt des Endospors wäre. Die letztere Ansicht ist allerdings die bisher allgemein vertretene, soweit überhaupt specielle Angaben über diesen Gegenstand vorliegen. So z. B. sagt Kny in den Erläuterungen zu seinen botanischen Wandtafeln in Bezug auf die Teleutosporen von Puccinia graminis, deren Membranbau, abgesehen von der Anzahl der Sporenzellen und der Anzahl und Lage der Keimporen, mit demjenigen der Phragmidiumsporen übereinstimmt: »Ihre Aussenmembran, das Episporium, welches im oberen Theile sehr intensiv dunkelbraun gefärbt ist, gegen den Stiel hin aber deutlich blasser wird, ist überall sonst stark verdickt; nur an

einer kleinen Stelle in jeder der beiden Sporenzellen ist es von einem Keimporus durchsetzt. . . . Der Innenseite des Episporiums schmiegt sich das zarte wasserhelle Endosporium allseitig eng an«. Dieselbe Auffassung ist von De Bary (Vergleichende Morphologie und Biologie der Pilze II. Aufl. p. 109) vertreten. Besonders ausführlich sind die Angaben, welche J. Müller (Die Rostspitze der Rosa- und Rubusarten p. 11) über den Membranbau von Phragmidium subcorticium macht und die aus diesem Grunde hier erwähnt werden müssen. Danach wird nicht nur die dicke Mittelschicht als zum Exospor gehörig betrachtet, sondern dieselbe soll sogar die äussere Schicht (nach unserer Auffassung das Exospor) erst in einem ziemlich späten Entwickelungsstadium ausdifferenziren. Die hellen Grenzlinien zwischen zwei aufeinanderfolgenden Sporenzellen werden als das Licht stärker brechende Querlamellen innerhalb der homogenen Aussenwand gedeutet, welche als direkte Fortsätze der eigentlichen Querwände erscheinen. Der Stiel soll sich in der unteren Hälfte nach aussen, in der oberen nach innen verdicken u. s. w. Ein Eingehen auf diese Angaben, die mit der direkten Beobachtung nicht in Einklang zu bringen sind, ist nicht nöthig.

Die Keimporen, welche zunächst als helle Flecken der Membran erscheinen und deren Anzahl bei Phragmidium subcorticum gewöhnlich drei, seltener vier in einer Zelle beträgt, sind Löcher, welche bei den meisten Phragmidiumarten nur die dünne Innenschicht des Endosporiums durchsetzen, die darüber befindliche dickere Aussenschicht desselben ist an diesen Stellen heller gefärbt, besitzt aber nicht eine wirkliche Oeffnung. Das Exosporium ist ebenfalls undurchbrochen. Etwas anders sind die Verhältnisse bei Phragmidium obtusum (Strauss), hier hat jede Zelle nur einen Keimporus, der aber einen das Endospor in seiner ganzen Dicke durchsetzenden Kanal darstellt. Dasselbe gibt für viele Puccinien, deren Membran auch zumeist den für Phragmidium beschriebenen Aufbau zeigt. Bei anderen Arten dieser Gattung ist vielfach nur die innere Schicht des Endospors durchbrochen oder selbst diese nicht. Die Stelle, durch welche das Promycelium bei der Keimung austritt, ist dann häufig etwas vorgewölbt (Vgl. Fig. 4). Diese beiden letzteren Fälle kann man übrigens an einem und demselben Material zugleich beobachten, so z. B. bei Puccinia Tanaceti DC., Puccinia Asteris Duby u. a. Hinsichtlich der Keimporen bemerkt De Bary (Vgl. Morph. u. Biol. der Pilze p. 109): »Die in den Teleutosporen derselben Genera — Puccinia und Uromyces — befindlichen sind, soweit es entschieden werden konnte, Tüpfel im Epispor, welche jedoch dieses nicht bis in seine äussersten Schichten durchbrechen; auf der Innenseite scheinen sie durch das undurchbrochene Endosporium geschlossen zu sein«. Man vergesse nicht, dass hier zum Epispor die Aussenschicht des Endospors gerechnet ist. Den Fall, dass diese letztere allein durchbrochen ist, habe ich nie beobachtet, sondern immer fand ich mit ihr zugleich die Innen-

schicht des Endospors von dem Porus durchsetzt. Man muss sich übrigens bei diesen Beobachtungen vor einer leicht möglichen Täuschung hüten und beachten, dass man die hintere Umgrenzung des Porus mitsieht, wenn man denselben von der Seite her betrachtet (vergl. Fig. 5). Bei Puccinia-arten mit nur dünnem Endospor lässt dieses entweder gar nicht oder nur schwer zwei Schichten erkennen. Im letzteren Falle ist die Innenschicht häufig am Rande des Porus nach aussen gebogen, so z. B. bei Puccinia Hieracii (Schum.).

Besteht nach dem eben Gesagten, bei manchen Arten von Puccinia das Endospor nur aus einer einzigen Schicht (Beispiel Puccinia Podophylli Schw.), so tritt es uns andererseits bei gewissen Arten in besonders weitgehender Differenzirung entgegen. Dies ist der Fall bei Puccinia Asphodeli (DC.). Die Sporen dieses Pilzes besitzen zu innerst eine dünne Innenschicht, darauf folgt eine dickere Schicht von dunkel gelbbrauner Farbe, an die sich nach aussen hin eine farblose Schicht von verschiedener Dicke anschliesst (Fig. 5). In vereinzelten Fällen lässt diese auch noch eine weitere Schichtung erkennen. Diese farblose Schicht besitzt eine radialfaserige Structur, die in vielen Fällen auch ohne Anwendung besonderer Hilfsmittel noch weit deutlicher sichtbar ist als in unserer Zeichnung. Durch Behandlung der Sporen mit kochender Kalilauge ebenso wie durch Anwendung von Schwefelsäure und Zerquetschen der Sporen gelang es, den gefärbten Theil derselben aus der farblosen Hülle zu befreien und diese selbst in ihre einzelnen Fasern aufzulösen. Das Exospor stellt hier, wie bei allen Puccinien, eine dünne Membran dar. Der Keimporus, der in der oberen Zelle meist eine etwas seitliche Lage hat und in der unteren der Sporenbasis bedeutend genähert ist, durchsetzt als eine wirkliche Oeffnung gewöhnlich nur die beiden inneren, gefärbten Schichten. — Einen ähnlichen Aufbau zeigen die Teleutosporen von Uropyxis Amorphae (Curt.). Hier ist aber der gefärbte Theil des Endospors nach aussen hin zunächst noch durch eine dünne Schicht einer dichteren Membransubstanz abgegrenzt. Ohne Anwendung besonderer Hilfsmittel ist dieselbe wegen der sehr dunklen Färbung der Sporen schwer zu sehen sie tritt aber sehr deutlich hervor, wenn man die Sporen in verdünnter Salpetersäure bis zu einem gewissen Grade erwärmt. Der farblose Theil des Endospors, der dessen äusserste Schicht darstellt, hat die Fähigkeit in Wasser plötzlich sehr stark aufzuquellen, meist so stark, dass dadurch das Exospor gesprengt wird. — Auch bei Uromyces Trollipi Kalchbr. et Mac Owan, der auf Zygophyllum foetidum am Cap der guten Hoffnung vorkommt, ist eine solche quellbare Hülle vorhanden, die auch hier die äusserste noch vom Exosporium umschlossene Schicht des Endosporiums ist. Dieselbe zeigt denselben eigenartigen radiären Bau wie der entsprechende Theil der Sporen von Puccinia Asphodeli.

Der Besprechung dieser hochentwickelten Formen schliessen wir nun die Betrachtung derjenigen an, deren Membranbau die geringste Differenzirung

aufweist, nämlich der Gatung Coleosporium. Hier ist jede Spore umkleidet mit einem einfachen Membranschlauche, der durch Querscheidewände gewöhnlich in vier Zellen getheilt ist. Die Sporen sind bedeckt und theilweise umgeben von einer gelatinösen, durchsichtigen Masse, die durch Verschleimung einer oberflächlichen Schicht der Sporenmembranen entsteht. Diese letzteren lassen einen Unterschied zwischen Exospor und Endospor gar nicht machen; hier hat nicht jede Sporenzelle ihre besondere Umhüllung wie sie das Endospor bei Phragmidium und Puccinia ist, sondern die einfache Querwand, welche zwei Zellen trennt, gehört zugleich der oberen wie der unteren von ihnen an. In diesem einfachen Bau ihrer Membran gleichen diese Sporen vollkommen den Promycelien der anderen Gattungen, man wird daher nicht fehl gehen, wenn man zwischen diesen beiderlei Gebilden nicht nur eine äussere Aehnlichkeit erblickt, sondern vielmehr die sogenannte Teleutospore von Coleosporium als ein Promycel, als eine Basidie betrachtet. In vollkommener Uebereinstimmung mit dieser Deutung steht der Umstand, dass jede Zelle durch Hervorstülpung ihrer Membran zu einem dünnen, langen Schlauche ein Sterigma bildet, auf dem nur eine Sporidie abgeschnürt wird. Es scheint diese Auffassung ferner in Einklang zu stehen mit den Anschauungen, durch welche Brefeld[1]) der Vielgestaltigkeit der Uredineen eine so einfache und natürliche Deutung gegeben hat, obwohl dieser Autor gerade in Beziehung auf die hier in Rede stehenden Verhältnisse anderer Ansicht ist. Danach sind die bekannten drei Sporenformen der Uredineen (Aecidium-, Uredo- und Teleutosporen) als Chlamydosporen aufzufassen, die eigentliche Conidienfructification dagegen stellen die Promycelien (Basidien) und die daran erzeugten Sporidien dar. Brefeld bemerkt (pag. 234), dass diese Fructification nur durch Vermittelung von Chlamydosporen zur Ausbildung komme, dass freie Basidien nicht bekannt seien. Dementsprechend sind die Sterigmen von Coleosporium als einsporige Basidien betrachtet. Nach unserer Auffassung aber würde Coleosporium thatsächlich freie Basidien ohne vorherige Chlamydosporenbildung erzeugen und somit denjenigen Typus der Uredineen darstellen, in welchem uns der ursprüngliche Charakter der Familie am klarsten entgegentritt. Zu diesem Resultate, dass Coleosporium als die primitivste Uredineengattung anzusehen sei, gelangt man auch durch Betrachtungen anderer Art; indessen würde ein Eingehen auf dieselben uns noch weiter von unserem Thema abbringen. Hervorgehoben sei aber noch, dass es gleichwohl Arten mit typisch einsporiger Basidie gibt, nämlich die von Barclay neuerdings[2])

1) Untersuchungen aus dem Gesammtgebiete der Mykologie, Heft VIII.

2) A. Barclay: Descriptive list of the Uredineae occurring in the neighbourhood of Simla (Western Himalayas). Journ. of the Asiatic Soc. of Bengal Vol. LIX, Pt. II, No. 2.

als Melampsora Sancti Johannis Barcl. und Melampsora Leptodermis Barcl. beschriebenen Pilzformen aus dem Himalaya. Hier sind die Sporen (Basidien?) einzellig und erzeugen bei der Keimung je ein einzelliges Sterigma mit einer Sporidie.

Den gleichen Aufbau wie bei Phragmidium mit deutlich unterscheidbarem Endospor und Exospor treffen wir, wie schon erwähnt auch in der Gattung Puccinia an, ferner bei Triphragmium, Rostrupia, Uromyces und Gymnosporangium. Die Arten der letzteren Gattung erzeugen bekanntlich zweierlei Teleutosporen, hellgefärbte oder farblose und dunkelgefärbte und zwar ist der Grad der Differenzirung beider Sporenformen für die verschiedenen Arten sehr verschieden. Bei einigen Arten, so z. B. bei Gymnosporangium juniperinum (L.) löst sich das Exospor der farblosen Sporen bei feuchtem Wetter ganz in Schleim auf, desgleichen die Stiele derselben; die dunkelgefärbten Sporen zeigen diese Quellbarkeit nicht.

Einen ganz anderen Bildungsmodus setzt der Membranbau von Chrysomyxa voraus. Hier besteht jede Spore, soweit es festgestellt werden konnte, aus einem einfachen oder verzweigten Zellschlauche mit einfacher Wandung, der durch Querwände in einzelne Zellen getheilt ist. Das Nämliche gilt anscheinend auch von Hamaspora Ellisii (Berk.), indessen lässt Hamaspora longissima (Thüm.) bei hinreichend starker Vergrösserung Exospor und Endospor mit voller Schärfe erkennen (vgl. Fig. 6).

Auch bei Melampsora erfolgt die Teleutosporenbildung nach einem anderen als dem zuerst beschriebenen Typus. Die Membran besteht zwar aus einer helleren Innenschicht und einer nur am Scheitel deutlicher hervortretenden braunen Aussenschicht aber beide sind unzweifelhaft gleichen Ursprunges, sie sind durch weitere Differenzirung aus der ursprünglichen Membran der Sporenanlage hervorgegangen. Es ist hiernach eine consequente Anwendung der Bezeichnungen »Endospor« und »Exospor« nicht einmal für alle Genera der Uredineen durchführbar. — Seitlich verschmelzen die Teleutosporen von Melampsora mit ihrer äusseren Schicht zu den für diese Gattung charakteristischen krustenförmigen Lagern. Aehnliche Verhältnisse weisen Cronartium und Ravenelia auf. —

Was den Membranbau der Uredosporen anlangt, so liegen hier die Verhältnisse, entsprechend der geringeren Mannigfaltigkeit der Formen, weit einfacher. Exospor und Endospor sind auch hier meist deutlich erkennbar, ersteres ist dünn, ausgenommen bei Chrysomyxa und Coleosporium, und auch das Endospor ist meist wenig verdickt und dann einschichtig. In manchen Fällen besteht aber das Endospor wieder aus zwei Schichten. Verhältnissmässig selten sind diese beiden Schichten im ganzen Umfang der Spore gleichmässig ausgebildet, wie z. B. bei der Uredo von Puccinia insueta Wint., bei der die Aussenschicht des Endosporiums in Wasser stark aufquillt; öfter ist diese Aussenschicht nach

den Seiten hin von geringer Mächtigkeit und nur am Scheitel kappenförmig verdickt; so bei Puccinia bullata (Pers.) (Fig. 7). Manchmal trifft man auch bei einer und derselben Art neben Uredosporen mit einschichtigem Endospor vereinzelt solche mit zweischichtigem; dies ist der Fall bei Puccinia Hieracii (Schum.). — Das Endospor stellt selbst dann, wenn es einschichtig und dünn ist, nicht immer eine homogene Membran dar, oft erscheint es im optischen Durchschnitt aus matteren und helleren Theilen zusammengesetzt: stärker lichtbrechende Stellen sind in einer weniger dichten Grundmasse gleichmässig vertheilt und treten besonders an jüngeren Sporen nach aussen und innen oft sehr deutlich hervor (vgl. Fig. 8).

Einen von allen übrigen Uredoformen sehr abweichenden Bau zeigt die Membran der Uredo sämmtlicher Arten von Coleosporium und Chrysomyxa, ebenso diejenige von Uredo ledicola Pk. (richtiger Caeoma ledicola), die wie Caeoma Empetri (Pers.) höchst wahrscheinlich auch zu einer Chrysomyxa gehört, und endlich diejenige von Melampsora (?) Leptodermis Barcl., d. i. also bei allen Uredoformen, deren Sporen reihenweise gebildet werden. Auch Melampsora Sancti Johannis Barcl. schnürt allerdings die als Uredo beschriebenen Sporen reihenweise ab, doch kann ich über diese Pilzform nicht aus eigener Anschauung berichten; wegen der damit zugleich auftretenden Spermogonien ist dieselbe möglicherweise als Aecidiumgeneration jenes Pilzes zu betrachten. — Die genannten Uredoformen zeigen die von Reess, De Bary u. A. für gewisse Aecidiosporen beschriebene Stäbchenstructur. In eine weniger dichte Grundsubstanz des Exosporiums sind radial gestellte dichtere Stäbchen eingebettet, deren frei nach aussen hervorragende Enden die warzige Beschaffenheit der Oberfläche solcher Sporen bedingen. Mit der Reife der Sporen tritt die Grundsubstanz mehr oder weniger zurück, so dass die Stäbchen bei manchen Arten nur noch an ihrer Basis durch das Bindemittel vereinigt sind, nach aussen aber als Stacheln frei hervorragen. Durch Verschieben des Deckglases lösen sich diese Stäbchen leicht von der Sporenmembran und schwimmen in Menge frei im Präparate umher. Uebt man zugleich einen mässigen Druck auf das Deckgläschen aus, so wird dadurch das Exospor gesprengt und der Sporeninhalt sammt dem dünnen Endospor löst sich aus der äusseren Umhüllung heraus.

Derselben Structur der Membran und zugleich der Eigenthümlichkeit, dass sich das Exospor durch blossen Druck vom Endospor ablöst, begegnet man wieder bei den Sporen sämmtlicher auf Coniferen vorkommenden Aecidien, bei Aecidium conorum Piceae Rees nur mit der Modification, dass anstatt prismatischer Stäbchen das Exospor grössere parallelepipedische Felder mit nach aussen abgerundeter Oberfläche aufweist (vgl. Fig. 9). Bei Aecidium Thomsoni Berk., das die Stäbchenstructur sehr schön zeigt, tritt die Grundsubstanz des Exospors auch im Reifezustande nicht zurück.

Beachtet man nun, dass zu den Coleosporium- und Chrysomyxaarten, soweit ihr Entwickelungsgang vollständig bekannt ist, coniferenbewohnende Aecidien gehören und dass auch für die unvollständig bekannten Arten dieser Gattungen das Nämliche sehr wahrscheinlich ist, so enthalten die angeführten Thatsachen einen deutlichen Fingerzeig für die Werthbestimmung jener Uredoformen: ontogenetisch betrachtet stellt die Uredo von Chrysomyxa und Coleosporium lediglich eine Repetition der Aecidiumgeneration dar und ist daher in dieser Hinsicht den Uredoformen anderer Genera keineswegs äquivalent, wenn sie auch biologisch die gleiche Bedeutung hat.

Gegenwärtig sind freilich die Uredoformen dieser Pilze von den zugehörigen Aecidien anscheinend recht verschieden, gleichwohl sind die Verschiedenheiten secundärer Art und nicht geeignet, einen stichhaltigen Einwand gegen die obige Auffassung zu begründen. Dieselben bestehen erstens in morphologischen Verschiedenheiten der zusammengehörigen Aecidium- und Uredosporen selbst, zweitens in dem Besitze resp. Mangel einer Pseudoperidie, und drittens darin, dass den Aecidien Spermogonien vorangehen, die der Uredogeneration fehlen. Was den ersten Punkt anbetrifft, so kann es nicht Wunder nehmen, dass eine und dieselbe Pilzform sich im Laufe der Zeit auf so weit von einander verschiedenen Nährpflanzen, wie wir sie hier antreffen, in verschiedener Weise weiter entwickelte. Zudem sind diese Unterschiede äusserst geringfügige, namentlich bei Chrysomyxa Rhododendri (DC.), wo es nur bei genauer Vergleichung möglich ist, einige Verschiedenheit zwischen den Uredo- und Aecidiosporen aufzufinden. Es muss im Gegentheil auffallen, dass dieselben Unterschiede welche zwischen den Aecidiosporen von Coleosporium Senecionis (Pers.), Chrysomyxa Ledi (Alb. et Schw.) und Chrysomyxa Rhododendri (DC.) bestehen, bei deren Uredosporen noch erhalten sind, dass sie sich nicht mehr verwischt haben. Diese Unterschiede bestehen hauptsächlich darin, dass in beiden Sporenformen bei Chrysomyxa Rhododendri das Exospor dünner ist, die Stäbchen also kürzer sind und die Sporen selbst kleiner sind als bei den beiden anderen Arten. Diese zeigen einen geringeren Unterschied unter einander insofern als bei Coleosporium Senecionis die Stäbchen des Exospors nur etwas robuster sind als bei Chrysomyxa Ledi.

Das Vorhandensein einer Pseudoperidie bei den Aecidien und ihr Fehlen bei der Uredo, wodurch diese Pilzformen äusserlich ein so verschiedenes Aussehen erhalten, kann ebenfalls nicht als ein stichhaltiger Einwand gegen die oben dargelegte Auffassung betrachtet werden. Diese Schutzhülle kann ebensowohl der einen Generation verloren gegangen, als von der anderen erst erworben worden sein. Wahrscheinlicher ist die letztere von beiden Möglichkeiten, dass also die Aecidien anfangs ohne Peridie waren, der jetzigen Uredo der genannten Pilze und anderen Caeoma-

formen gleich, wie es ja selbst Arten von Puccinia gibt, deren Aecidium einer solchen Hülle entbehrt (Puccinia Kraussiana Cke. und Puccinia Prainiana Barcl. in litt., beide auf Smilax). — Auch dem Vorhandensein resp. Fehlen der Spermogonien muss jegliche Bedeutung bei der Entscheidung dieser Frage abgesprochen werden. Man hat sich allerdings wegen ihres regelmässigen Auftretens vor den Aecidien beinahe daran gewöhnt, die Spermogonien als einen integrirenden Bestandtheil der Aecidienentwickelung anzusehen; in Wirklichkeit sind sie nichts als eine — gleichviel ob entwickelungsfähige oder bedeutungslose – Conidiengeneration, die, zu Anfang des Entwickelungscyklus auftretend ebensogut jeder anderen Generation, den Uredosporen wie den Teleutosporen vorangehen kann. Wir brauchen nur zu erinnern an die Brachypuccinien und Brachyuromyces wie Puccinia suaveolens (Pers.), Puccinia Hieracii (Schum.), Puccinia Oreoselini (Str.), Puccinia bullata (Pers.), Puccinia Collettiana Barcl., Uromyces Terebinthi (DC.) u. a., ferner an solche Arten wie Puccinia fusca (Relh.), Uromyces effusus (Pk.), wo nur Teleutosporen mit vorangehenden Spermogonien gebildet werden. Für die Aecidien, die bei denjenigen Arten, wo sie überhaupt gebildet werden, in der Regel am Anfange der Entwickelung in der neuen Vegetationsperiode stehen, ist ihr Vorhandensein allerdings typisch geworden. Aber eben so regelmässig sehen wir bei Puccinia suaveolens u. a. die Spermogonien vor der ersten Uredogeneration erscheinen, während die aus dieser primären Uredo entwickelten secundären Uredolager ohne Spermogonien auftreten. Der Unterschied zwischen dieser Entwickelungsweise und der von uns behaupteten Repetition der Aecidiumgeneration bei Chrysomyxa und Coleosporium beruht lediglich darin, dass im letzteren Falle die Entwickelung nicht eine autöcische, sondern eine heteröcische ist und dass dadurch die Veranlassung zu morphologischer Differenzirung einer und derselben Sporenform auf den verschiedenen Nährpflanzen gegeben war. —

Dasjenige, was oben über die Membran der Uredosporen im Allgemeinen gesagt ist, findet auch auf die Aecidiosporen Anwendung. Hier ist aber die Membran meist zarter und dann einfach, ohne Differenzirung von Exospor und Endospor.

Es erübrigt noch, die bei der Besprechung von Phragmidium und Puccinia gemachten Bemerkungen über die Keimporen zu vervollständigen und dann noch einige andere Punkte kurz zu erörtern. Ueberall wo vorgebildete Keimporen vorhanden sind, bei Teleutosporen, Uredosporen und den Aecidiosporen der Gymnosporangium-Arten, sind sie Löcher, welche das Endospor, bezüglich die innerste Schicht derselben durchsetzen. Keine Keimporen sind vorhanden in den Teleutosporen von Melampsora[1]) und den verwandten Gattungen, sowie von Cronartium,

1) Tulasne gibt allerdings für Melampsora Helioscopiae (Pers.) das Vorhandensein eines Keimporus an. Ich kann diese Angabe aber nicht bestätigen.

Ravenelia und Endophyllum. Bei Chrysomyxa soll nach Plowrights Angabe (British Uredineae p. 41) in jeder Zelle ein Keimporus vorhanden sein; an ungekeimten Sporen ist derselbe nicht sichtbar. Bei Coleosporium ist von Keimporen eben so wenig die Rede als ~~von~~ an einem Promycel. Von den Uredosporen scheinen nur diejenigen der Gattungen Uromyces und Puccinia, von den Aecidiosporen diejenigen von Gymnosporangium vorgebildete sichtbare Keimporen zu haben.

Die Unebenheiten, welche die Membran so vieler Uredineen in Form von Warzen, Stacheln u. s. w. aufweist, gehören zum Theil dem Exospor ausschliesslich an, zum Theil ist aber an ihrem Aufbau auch das Endospor betheiligt. Die feinen Stacheln, welche die Uredosporen der meisten Arten besitzen, sind Spitzen, die dem Exospor äusserlich aufgesetzt sind. Die derben kegelförmig-stacheligen Gebilde, die bei manchen Uredoformen angetroffen werden, z. B. bei derjenigen von Puccinia insueta Wint., sind Fortsätze des Endosporiums, die von dem Exospor gleichmässig überzogen sind, also nicht locale Verdickungen des letzteren. Dasselbe gilt auch von den mehr oder weniger kräftig ausgebildeten Warzen auf der Sporenoberfläche vieler Arten von Uromyces, Puccinia, Phragmidium und Triphragmium, ebenso von den kräftigen Stacheln, die bei Puccinia Prostii (Moug.), Puccinia Podophylli Schw. (Fig. 10) und Triphragmium echinatum Lév. vorhanden sind, desgleichen von den fingerförmigen Fortsätzen am Scheitel von Puccinia coronata Cda. (vergl. Fig. 11) und Puccinia Mesnieriana Thüm. (= Puccinia digitata Ell. et Hark.) sowie von den ankerförmigen Anhängseln von Triphragmium clavellosum Berk. und allen sonstigen derartigen Gebilden.

Hinsichtlich der Sporenfärbung sei bemerkt, dass die Farbstoffe ihren Sitz vorzugsweise im Endospor haben und zwar bei Sporen mit dicken Membranen in der dicken Aussenschicht des Endospors. Das Exospor ist dann farblos. Bei Arten mit dünner Sporenmembran kommt es häufig vor, dass Endospor und Exospor beide gefärbt sind. Dies ist der Fall bei den Uredo- und Teleutosporen von Puccinia Hieracii (Schum.) u. v. a. Ueber die Farbstoffe selbst wird der folgende Abschnitt einige Angaben enthalten.

Ueber die Färbung der Uredineensporen.

Folgende zwei Fragen sollen in diesem Kapitel einer näheren Prüfung unterzogen werden:

1. Welche Bedeutung hat die braune Färbung der Sporenmembran der Uredineen für dieselben, und

2. Ist die verschiedene Färbung auf verschiedene Pigmente zurückzuführen und wie lassen sich dieselben unterscheiden? —

Die Intensität der Färbung ist bei den verschiedenen Arten eine sehr verschiedene, von farblosen Membranen kommen alle Zwischenstufen vor bis zu Membranen, die nur bei heller Beleuchtung schwach durchscheinend

sind. Farblos sind die Membranen der Aecidiosporen bei fast allen Arten, welche Aecidien bilden; nur ihr Zellinhalt ist es, der diesen Sporen ihr orangegelbes Aussehen verleiht. Eine Ausnahme bilden die nachher zu besprechenden Aecidiosporen der Gattung Gymnosporangium. Farblos sind ferner die Membranen der Uredosporen bei denjenigen Arten, deren Uredolager dem blossen Auge gelb oder orangeroth erscheinen. Auch die Membranen der Teleutosporen sind in manchen Fällen völlig farblos, so z. B. bei Phragmidium albidum (Kühn) und den Coleosporiumarten. Sehr blass ist ferner die Färbung der Teleutosporen sämmtlicher Chrysomyxa- und Cronartiumarten, von Hamaspora longissima (Thüm.) und Hamaspora Ellisii (Berk.), Puccinia Cerasi (Béren.), Puccinia evadens Harkn., Puccinia aurea Wint., Puccinia Kraussiana Cke., Puccinia Prainiana Barcl. u. a. Es ist nun auffallend und jedenfalls nicht zufällig, dass bei allen den genannten Arten, obwohl sie nicht dem Leptotypus angehören, die Teleutosporen sofort nach erfolgter Reife keimen, ohne eine Ruhepause durchzumachen, wie dies auch bei den Aecidiosporen und Uredosporen der Fall ist. Berücksichtigt man noch, dass unter den Leptoformen die durch eine besonders energische Neigung zu sofortiger Keimung auffallenden Arten wie Puccinia Thlaspeos Schubert, Puccinia grisea (Strauss), Puccinia annularis (Strauss), Puccinia aecidiiformis Thüm., Puccinia exanthematica Mac Ow. und viele andere, auch erheblich heller gefärbt sind als diejenigen, bei denen die Neigung zu sofortiger Keimuug weniger stark ausgeprägt ist, so gelangt man zu dem Schlusse, dass bei den dunkelgefärbten Sporen lediglich die stärkere Anhäufung des braunen Pigmentes die Keimung zurückhalte, derselben einen gewissen Widerstand entgegensetze. In jugendlichen Stadien ist die noch farblose Membran weich, elastisch, ihre Härte erlangt sie erst durch die späterhin eintretende Bräunung. In Bezug auf die Teleutosporenmembran von Phragmidium subcorticium (Schrnk.) sagt J. Müller (Die Rostp. der Rosa- und Rubusarten p. 11): »Mit der endlich noch eintretenden Bräunung . . . ist eine Erhärtung und vollständige Sprödigkeit derselben verbunden. Diesen erhärteten Zustand der Spore kann man nach De Bary mit Sklerose bezeichnen und man kann von sklerotischen Membranen sprechen.« Zugleich werden durch diese Erhärtung die Sporen widerstandsfähiger gegen äussere, namentlich meteorologische Einflüsse, es dient sonach ihre braune Färbung den Sporen nicht nur der Rostpilze, sondern auch anderer Pilze als ein Schutzmittel, das sie befähigt, den zerstörenden Einflüssen zu grosser Nässe, Trockenheit, Wärme u. s. w. Widerstand zu leisten.

Diese Ansicht hat bereits E. Bachmann in einer Abhandlung über nichtkrystallisierte Flechtenfarbstoffe (Pringsheims Jahrb. für wiss. Bot. Bd. XXI, Heft 1) in Bezug auf die Pigmente der flechtenbildenden Pilze ausgesprochen. »Am augenscheinlichsten«, schreibt derselbe a. a. O. S. 15, »ist dies bei dem verbreitetsten aller nichtkrystallisierten Flechtenfarbstoffe

dem braunen nämlich, welcher aus der Rinde vieler Laubflechten bekannt ist, aber auch im Thallus und Apothecium der Flechten aller anderen Ordnungen auftritt. Derselbe verleiht nämlich den Membranen eine grosse Widerstandsfähigkeit gegen chemische Reagentien. Je dunkler die Zellwände aussehen, d. h. je reichlicher sie mit dem betreffenden Farbstoff imprägniert sind, desto schwerer werden sie von starken Säuren und Basen angegriffen, oder umso konzentrierter müssen die genannten Flüssigkeiten sein, wenn sie die gefärbten Flechtentheile zerstören sollen. Es ist wohl nicht zu weit gegangen, wenn ich annehme, dass derartig ausgerüstete Membranen auch den zerstörenden Einflüssen der Luft, der atmosphärischen Niederschläge, der Bodenfeuchtigkeit und der Fäulnissorganismen besser zu widerstehen vermögen, als wenn sie farblos wären«.

Es ist nun von Interesse — und die Uredineen bilden ein hierzu besonders geeignetes Objekt —, die Bestätigung dieser Ansicht im Einzelnen weiter zu verfolgen. Es ist oben hervorgehoben worden, dass die Aecidien von Gymnosporangium ein von anderen Aecidien abweichendes Verhalten zeigen insofern nämlich, als ihre Sporen gelbbraun gefärbt sind. Sie gleichen darin den Uredosporen vieler anderen Rostpilze, mit denen sie auch noch darin übereinstimmen, dass ihre Membran eine Anzahl deutlich sichtbarer Keimporen besitzt. Allerdings haben auch die Aecidiosporen anderer Arten Keimporen, aber dieselben sind ohne Anwendung besonderer Hilfsmittel nicht sichtbar und treten nur bei der Keimung einigermassen hervor. Es ergab sich nun, dass die braunen Membranen der Aecidiosporen von Gymnosporangium juniperinum von konzentrierter Schwefelsäure weit langsamer zerstört werden als die farblosen Sporenhäute verschiedener Aecidiosporen und Uredosporen z. B. derer von Pucc. coronata und Phragmidium Potentillae. Dasselbe Verhalten zeigten auch die Aecidiosporen anderer Gymnosporangiumarten. Die grössere Widerstandsfähigkeit der Membranen dürfte in engstem Zusammenhange stehen mit der Entwickelungsweise der Gymnosporangien. Da nämlich dieselben ihre Teleutosporen zu derselben Zeit entwickeln, in welcher andere Arten ihre Aecidien bilden, so fällt die Reife der Roesteliaformen in eine Jahreszeit, in welcher die Feuchtigkeitsverhältnisse der Luft ihrer Keimung und weiteren Entwickelung oft wenig günstig sind. Eine Verlängerung der Keimfähigkeitsdauer gegenüber anderen Arten, und eine dieselbe bedingende grössere Festigkeit der Sporenmembran ist sonach für diese Aecidiosporen von demselben Vorteile wie für die Uredosporen anderer Rostpilze, deren Uredoentwickelung meist gerade zu derselben Jahreszeit den Höhepunkt erreicht, wie die Aecidienbildung von Gymnosporangium.

Besonders deutlich tritt ferner die Bedeutung der Membranfärbung bei denjenigen Arten zu Tage, die wie Puccinia Glechomatis DC., Puccinia Veronicarum DC. u. a. zweierlei Teleutosporen bilden: hellgefärbte für die sofortige Fortpflanzung und dunkelgefärbte, die erst im nächsten

Frühjahre keimen. Die letzteren bedürfen eines besonderen Schutzes, die ersteren nicht.

Es ist weiterhin zu beachten, dass alle Arten, deren Teleutosporen mit hinfälligen oder leicht von ihrer Unterlage sich loslösenden Stielen versehen sind, die daher als eine pulverige, leicht verstäubende Sporenmasse auftreten, an allen Stellen ihrer Membran gleich dunkel und meist sehr intensiv gefärbt sind; Arten aber, die, mit festen Stielen versehen, zu compacten Lagern vereinigt stehen, gewöhnlich nur eine intensive Bräunung des Scheitels zeigen und gegen die Sporenbasis hin blasser gefärbt, oft nahezu farblos sind. Es lässt sich für diese Erscheinung keine andere Erklärung finden als die, dass durch das dichte Beisammenstehen und lückenlose Aneinanderschliessen der Sporen hauptsächlich oder ausschliesslich der Sporenscheitel den Unbilden der Witterung ausgesetzt ist und daher eines besonderen Schutzes bedarf, während die Sporen seitlich einander gegenseitig den nöthigen Schutz gewähren. Gerade bei solchen Arten sind die am Rande befindlichen Sporen gegen aussen hin oft durch einen lückenlosen Wall dunkelbrauner Paraphysen geschützt. Beispiele hierfür sind: Uromyces Dactylidis Otth, Puccinia Rubigo-vera (DC.), Puccinia perplexans Plowr., Puccinia sessilis Schneider, Puccinia Gladioli Cast., Puccinia Allii (DC.) u. a. Bei der letzteren und namentlich bei Puccinia Sonchi (Rob.), deren Sporen durchweg, also auch am Scheitel hell gefärbt sind, sind die Paraphysen mit ihrem oberen Ende vom Rande der Häufchen aus so stark nach innen gebogen, dass sie über den Sporenlagern meist zusammenschliessend ein festes Gehäuse um dieselben bilden. Bei diesen Arten sind die Sporenlager sehr klein und enthalten nur wenige Sporen, da sie aber nie einzeln auftreten, sondern immer in grösserer Anzahl beisammen dicht gedrängt stehen, so kommen jene für Puccinia Sonchi und Puccinia Allii charakteristischen pechschwarzen Krusten zu Stande, die eher eine Melampsora als eine Puccinia vermuthen lassen.

Endlich sei darauf hingewiesen, dass bei Arten mit stark verdickter Scheitelmembran oberhalb des die innerste Schicht des Endospors durchsetzenden Keimporus oft eine kegelförmig nach aussen erweiterte Stelle von hellerer Färbung zu sehen ist — offenbar eine Einrichtung, durch welche ein leichteres Hindurchdringen des Promycels ermöglicht wird. Auch bei den Phragmidien ist, wie schon oben erwähnt wurde, eine solche hellere Stelle über den Keimporen mitunter schon ohne Anwendung von Reagentien sichtbar. Dass durch conzentrierte Schwefelsäure diese helleren Stellen leichter zerstört werden, also weniger widerstandsfähig sind als die übrigen Theile der Membran, hat bereits Tulasne angegeben.

Es entsteht nun die Frage, ob die Membranfärbung der Rostpilzsporen durch ein einziges oder durch mehrere Pigmente verursacht wird. Die zum Theil recht verschiedene Färbung lässt das letztere vermuthen, und die bis jetzt in dieser Hinsicht vom Verfasser unternommenen Ver-

suche haben ergeben, dass in der That zwei Farbstoffe von verschiedenem chemischen Verhalten sich nachweisen lassen. Eine eingehende chemische Untersuchung der Farbstoffe selbst, die füglich besser von Seiten eines Fachchemikers unternommen wird, wird hier nicht gegeben, dieselbe lag auch dem Plane dieser Arbeit zunächst fern; vielmehr soll nur das Vorkommen verschiedener Pigmente überhaupt constatiert werden.

Einen sehr verbreiteten, wie wir nachher sehen werden in allen Uredineensporen mit gefärbten Membranen vorkommenden Farbstoff enthalten die Teleutosporen von Puccinia Hieracii (Schum.). In Salpetersäure und Schwefelsäure hellt sich die kastanienbraune Färbung derselben auf und wird lebhaft rothbraun. Bei Arten, deren Exospor durch conzentrierte Schwefelsäure zerstört wird, wie bei den Phragmidiumarten, wird auch die äussere, dicke Schicht des Endospors mehr oder weniger zerstört, die Zellinhalte treten vielfach aus, und man erhält auf diese Weise keinen klaren Eindruck über die Wirkung, welches dieses Reagens in Bezug auf die Membranfärbung hervorbringt. In diesem Falle bewirkt aber verdünnte Schwefelsäure genau dieselbe Veränderung, welche die conzentrierte Säure an anderen Arten hervorbringt. Nach zwölfstündiger Einwirkung ist die Färbung nicht mehr rothbraun, sondern lebhaft gelbbraun. Conzentrierte Salpetersäure löst bei länger andauernder Einwirkung den Farbstoff und verändert ihn zugleich, Sporen und Lösungsmittel erscheinen dann blassgelb. Kalilauge verursacht kaum eine nennenswerthe Veränderung, dasselbe gilt auch von Phosphorsäure, Essigsäure, Essigäther, Schwefeläther, Chlorwasser, Ammoniak. Terpentinöl wirkt nur aufhellend. Es verhalten sich übrigens die verschiedenen Arten je nach ihrer ursprünglichen Färbung etwas verschieden. Solche Arten, die von vornherein eine blasse Färbung haben, lassen nach Einwirkung von Salpetersäure kaum einen röthlichen Ton wahrnehmen. Derselbe tritt aber hervor, wenn die Sporen im Präparate nicht vereinzelt liegen, sondern womöglich in mehrfacher Schicht übereinander. Uebergiesst man von verschiedenen Arten, soweit sie nicht der zweiten zu besprechenden Gruppe angehören, ein grösseres Sporenquantum je in einem Reagensglase mit Salpetersäure, so erhält man nach mehreren Tagen sehr übereinstimmend gefärbte glänzend bernsteingelbe Auszüge. In Wasser löst sich der Farbstoff dieser Arten nicht, auch nicht in kochendem.

Gefunden wurde dieser Farbstoff in den Aecidiosporen von Gymnosporangium, den braungefärbten Uredosporen (eine einzige Ausnahme, Puccinia vexans, wird unten zu erwähnen sein), sowie in den Teleutosporen und etwa vohandenen braunen Paraphysen der folgenden Arten:

Uromyces Ornithogali (Wallr.)
» Erythronii (DC.)
» Veratri (DC.)
» Acetosae Schröt.
Uromyces Euphorbiae (Schw.)
» tuberculatus (Fuck.)
» scutellatus (Schrnk.)
» excavatus (DC.)

Uromyces Ficariae (Schum.)
» Geranii (D C.)
» Terebinthi (D C.)
» Pisi (Pers.)
» Anthyllidis (Grew.)
» Genistae tinctoriae (Pers.)
» Primulae integrifoliae (DC.)
» Solidaginis Niesl.
» Rudbeckiae Arth. et Holw.
Puccinia Asphodeli (D C.)
» Prostii (Moug.)
» Lojkajana Thüm.
» Tulipae Schröt.
» Scillae Linh.
» Liliacearum Duby.
» Kraussiana Cke.
» oblongata Lk.
» obscura Schröt.
» Iridis (D C.)
» Caricis (Schum.)
» silvatica Schröt.
» Phragmitis (Schum.) [1])
» Moliniae Tul.
» Arenariae (Schum.)
» mirabilissima Peck.
» Thalictri Chev.
Phragmidium carbonarium (Schlechtd.)
» violaceum (Schultz)
» Rubi (Pers.)
» subcorticium (Schrnk.)
» speciosum Fries.
Triphragmium Ulmariae (Schum.)
Puccinia fusca (Relh.)
» Atragenes Hausm.
» Malvacearum Mont.
» heterospora Berk. et Curt.
» Geranii silvatici Karst.
» enormis Fuck.
» Aegopodii (Schum.)
» Oreoselini (Strauss).
» bullata (Pers.)
» Pimpinellae (Strauss).
» asarina Kze.
» Aristolochiae (D C.)
» Vossii Körn.
» Betonicae (Alb. et Schw.)
» Glechomatis D C.
» annularis (Strauss).
» aethiopica Kalchbr. et Cke.
» Menthae Pers.
» Stachydis D C.
» obtusa Schröt.
» Asteris Duby.
» Sonchi (Rob.)
» Helianthi Schw.
» Tragopogi (Pers.)
» Cirsii lanceolati Schröt.
» Hieracii (Schum.)
Gymnosporangium juniperinum (L.)
Melampsora Salicis capreae (Pers.)
» Helioscopiae (Pers.)
Ravenelia stictica Berk. et Br.

Ein anderes Verhalten als die hier aufgezählten Arten zeigt eine Anzahl Species von Puccinia und Uromyces, zu denen beispielsweise Puccinia graminis Pers. gehört. Bringt man auf einem Objektträger die Teleutosporen dieses Pilzes in Salpetersäure, so bemerkt man schon mit blossem Auge eine sofort eintretende Röthung. Die microscopische Untersuchung zeigt, dass die kastanienbraune Färbung der Sporen in eine tiefrothe übergegangen und der Farbstoff durch die Säure zum Theil ausgezogen worden ist, da das Lösungsmittel in der Umgebung der Sporen

1) Diese Art führen wir nur fragweise hier auf, weil sich der Farbstoff durch kochendes Wasser in geringer Menge extrahieren lässt.

sich ebenfalls röthet. Bei Sporen, welche diesen Farbstoff in geringerer Menge enthalten, wie z. B. diejenigen von Puccinia Anemones virginianae Schw., erfolgt die Reaction mit schöner rosenrother Farbe. Nach längerem Stehen nimmt die Färbung der Sporen und des Lösungsmittels einen mehr gelblichen Ton an und geht zuletzt ganz in Gelb über. Diese Farbenänderung kann man auch leicht verfolgen, indem man ein grösseres Sporenquantum in einem Reagensglase mit Salpetersäure übergiesst. Auch bei diesen Arten bewirkt die Säure schliesslich eine völlige Entfärbung der Membran.

Von den zur Untersuchung gelangten Arten enthalten die folgenden diesen in Salpetersäure mit rother Farbe austretenden Farbstoff:

Uromyces Polygoni (Pers.)
» Behenis (D C.)
» Eriogoni Ell. et Hark.
» Ixiae (Lev.?) Wint.
» inaequialtus Lasch.
» Hedysari obscuri (D C.)
» Hedysari paniculati(Schw.)
» Dactylidis Otth.*
» Junci Desm.

Puccinia graminis Pers.
» Rubigo-vera (D C.)*
» sessilis Schneid.*
» Phalaridis Plowr.*
» perplexans Plowr.
» Magnusiana Körn.
» Cesatii Schröt.

Puccinia australis Körn.
» vexans Farl.
» coronata Cda.
» Mesnieriana Thüm.
» Allii (D C.)*
» Hemerocallidis Thüm.*
» Kalchbrenneriana De-Toni* (= Pucc. Ornithogali Kalchbr.)
» Barbeyi Magn.
» Porri (Sow.)
» Smilacis Schw.
» Gladioli Cast.
» Anemones virginianae Schw.
» Tanaceti D C.
» Polygoni Alb. et Schw.

In Uredosporen wurde dieser Farbstoff nur in einem Falle gefunden, nämlich bei der secundären, derbwandigen Uredo von Puccinia vexans Farl. (vergl. Hedwigia 1889 S. 178), die andere Uredoform dieses Pilzes enthält das vorher beschriebene Pigment, welches auch in den Uredosporen der anderen untersuchten Arten vorkommt. — Es mag ferner hervorgehoben werden, dass dieser mit Salpetersäure sich roth färbende Farbstoff immer nur in den Teleutosporen vorkommt, nicht aber auch in den diese Sporenlager umgebenden Paraphysen, die bei den oben durch ein * bezeichneten Arten vorhanden sind.

Mit concentrierter Schwefelsäure giebt dieser Farbstoff, indem er zugleich in Lösung geht, eine violette Reaction, mit verdünnter Schwefelsäure erfolgt ein rothgelber, mit Salzsäure ein rother Auszug, in Kalilauge geht die kastanienbraune Färbung der Sporen in eine trüb gelbbraune über, der Farbstoff geht aber nicht in Lösung. Durch Alkohol wird er in geringer Menge, durch kaltes Wasser reichlicher extrahiert, in kochendem Wasser ist er leicht löslich, es ist daher die Möglichkeit gegeben, die chemischen Eigenschaften dieses Pigmentes weiter zu erforschen,

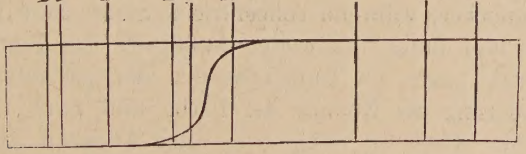
worauf wir hierdurch aufmerksam machen wollten [1]). Der wässerige Auszug, den man nach zwei bis drei Stunden erhält, wenn man ein grösseres Sporenquantum von Puccinia Graminis oder Uromyces Polygoni oder einer anderen in grösserer Menge leicht zu beschaffenden Art mit Wasser häufig umschüttelt, hat eine weingelbe Färbung. Dieselbe tritt bei Anwendung heissen Wassers sofort ein. Nach längerem Kochen erhält man einen braungelben Auszug, dessen Färbung unter dem Einflusse des Tageslichtes sich nicht ändert, sondern nach einem Jahre noch die gleiche war wie vorher.

Bei der Herstellung eines solchen Auszuges macht man nun leicht die Bemerkung, dass die Sporen durch das Kochen ihre dunkle Färbung keineswegs verlieren. Dies tritt auch dann nicht ein, wenn man das zum erstmaligen Abkochen benutzte Wasser abgiesst und durch neues ersetzt, mit diesem dann ebenso verfährt u. s. f. Beim fünften Aufguss wird man bereits kaum noch eine Spur von Gelbfärbung erhalten, gleichwohl erscheinen die Sporen macroscopisch wie microscopisch kaum etwas heller. Es ist aber eine deutlich nachweisbare Aenderung in dem Ton der Färbung eingetreten, dieselbe ist nicht mehr dunkel kastanienbraun, sondern rehbraun. Eben so leicht wie durch microscopische Betrachtung überzeugt man sich hiervon auf folgende Weise. Man bringt auf einen Objectträger in zwei Wassertropfen neben einander gekochte und ungekochte Sporen, die man durch Verschiebung der Deckgläschen möglichst gleichmässig vertheilt. Auf einer weissen Unterlage erkennt man dann sofort die Verschiedenheit der Färbung.

Es enthalten sonach die oben genannten Arten in ihrer Membran zwei verschiedene Farbstoffe, einen in Wasser löslichen und einen zweiten, der durch Wasser nicht ausgezogen werden kann. Das erstere Pigment ist es, welches die für diese Gruppe characteristische Salpetersäurereaction bedingt. Sporen von Pucc. graminis, aus welchen durch neunmal wiederholtes Kochen der eine Farbstoff möglichst vollständig extrahiert worden war, nahmen in Salpetersäure eine rothbraune Farbe an, wie etwa diejenigen von Puccinia Glechomatis D C., es traten sogar noch Spuren einer ziegelrothen Färbung auf, aber es erfolgte kein Austreten des Farbstoffes aus den Sporen.

---

1) Nur hinsichtlich des optischen Verhaltens sei Folgendes bemerkt. Der wässerige Auszug lässt in einer ca. 12 cm dicken Schicht die rothen und gelben Lichtstrahlen ungeschwächt durchgehen, im Grün beginnt bereits vor der Linie *E* eine sehr schwache Absorption, die zwischen *E* und *b* deutlicher wird, jenseits der Linie *b* stark zunimmt und bei $^1/_3$ *bF* fast vollständig wird. Die beigegebene Zeichnung mag dies kurz erläutern.



Der nach dem Auskochen in den Sporen zurückbleibende Farbstoff zeigt dasselbe Verhalten gegen chemische Reagentien, wie der oben zuerst behandelte, er ist also mit diesem identisch. Man gelangt daher zu folgendem Ergebnisse. Alle braunen Sporenmembranen der Uredineen und die bei manchen Arten vorhandenen braunen Paraphysen enthalten einen in Wasser nicht löslichen Farbstoff, daneben kommt in den Teleutosporen, in ganz seltenen Fällen auch in den Uredosporen gewisser Arten von Uromyces und Puccinia, noch ein durch Wasser ausziehbares Pigment vor, welches durch sein anderes chemisches Verhalten von dem ersteren deutlich unterschieden ist. Bei Arten anderer Gattungen als der beiden genannten scheint dieses letztere Pigment nicht vorzukommen, ebensowenig findet es sich in den Paraphysen, selbst bei denjenigen Arten, welche diesen Farbstoff in ihren Sporen enthalten.

Bei einer vergleichenden Durchsicht der beiden obigen Listen kann man noch folgende Bemerkungen machen. 1) Der durch Wasser ausziehbare Farbstoff kommt nur bei Arten vor, deren Teleutosporen der Nährpflanze fest anhaften, sei es nun, dass sie sehr feste Stiele besitzen oder auch nach der Reife von der Epidermis bis zum nächsten Frühjahre bedeckt bleiben. Das Vorkommen jenes Pigmentes steht also augenscheinlich zu den biologischen Verhältnissen in Beziehung. — 2) Verwandte Arten zeigen die nämliche Reaction. Als Beispiele seien hervorgehoben Puccinia coronata Cda. und Puccinia Mesnieriana Thüm. (= Pucc. digitata Ell. et Hark.), ferner die auf Liliaceen vorkommenden Arten von Puccinia, von denen diejenigen, deren Teleutosporen keulenförmig sind (P. Allii, P. Hemerocallidis, P. Kalchbrenneriana, P. Porri), in der zweiten Liste angetroffen werden, wohingegen die Arten mit elliptischen, leicht loslösbaren Teleutosporen, deren Verwandtschaft auch in der beträchtlichen Grösse ihrer Sporen zum Ausdrucke kommt (P. Asphodeli, P. Prostii, P. Lojkajana, P. Tulipae, P. Scillae, P. Liliacearum), in der Liste I zu finden sind. — 3) Man kann ferner das Verhalten gegen chemische Reagentien, besonders die characteristische Salpetersäurereaction unter Umständen sogar zur Unterscheidung schwer unterscheidbarer Arten heranziehen. In dieser Hinsicht sei auf Puccinia Helianthi Sch. und Puccinia Tanaceti D C. verwiesen, die von Winter seinerzeit zu einer Species vereinigt worden sind.

Es ist noch die Frage zu beantworten, ob einer dieser Farbstoffe mit dem Parmeliabraun Bachmanns identisch ist. Es scheint dies nicht der Fall zu sein. Das Parmeliabraun ist dadurch ausgezeichnet, dass es von verdünnter Salpetersäure nach einiger Zeit heller gefärbt wird, ähnlich dem Brauneisenocker, während concentrierte Säure diese Farbenänderung augenblicklich und unter theilweiser Auflösung des Pigmentes bewirkt. Kalilauge bewirkt stets ein Dunklerwerden der gefärbten Flechtentheile mit einer Aenderung der Nuance der Farbe und zwar meist in Olivenbraun bis -grün. Eben so wenig wie diese Angaben ist diejenige über